

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(E5) int. R. G. berdit

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
la n'utilisoir que pour les
commandes de reproduction

2 647 906

(21) N° d'enregistrement national :

89 07172

(51) Int Cl⁶ : G 01 N 33/48, 23/225.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

(22) Date de dépôt : 31 mai 1989.

(71) Demandeur(s) : Société 2S3b, Société à Responsabilité
Limitée. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Bernard Berdeu ; Sven Beraud-Sudreau.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPi « Brevets » n° 49 du 7 décembre 1990.

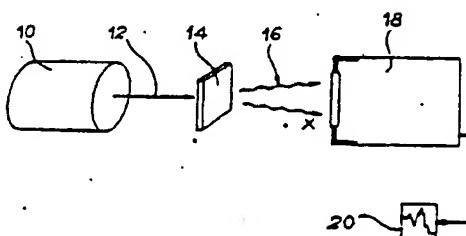
(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(74) Mandataire(s) : Brevatome.

(54) Procédé d'identification d'individus.

(57) Selon l'invention, on effectue une analyse de phanère
pour déterminer sa composition en oligo-éléments. De préfé-
rence, on calcule la distance entre une composition correspon-
dant à un individu identifié et une composition correspondant
à un individu à identifier. Le degré de certitude est défini par
une étude statistique préalable.
Application en criminalistique.



11 2 04 / 2000 - A1

DESCRIPTION
PROCEDE D'IDENTIFICATION D'INDIVIDUS

La présente invention a pour objet un procédé d'identification d'individus. Elle trouve une application privilégiée en criminalistique et plus précisément dans l'identification d'individus, soit qu'il s'agisse 5 d'identifier une victime soit qu'il s'agisse de confondre ou d'innocenter un suspect.

L'identification des individus est un problème qui se pose dans un grand nombre d'affaires criminelles. Les vêtements, fragments de tissus, objets personnels, 10 le sang, le sperme, les empreintes sont des éléments importants d'une enquête. Parfois des cheveux ou des poils viennent s'y ajouter.

15 L'analyse des objets personnels ou des vêtements permet souvent d'identifier rapidement l'individu auquel ils appartiennent.

Les empreintes, notamment digitales, peuvent également désigner une personne.

Pour le sang, l'analyse du groupe sanguin permet de faire un premier tri.

20 Pour les substances biologiques, la meilleure information est obtenue quand il est possible de faire une analyse de la séquence d'ADN contenue dans le noyau des cellules. On sait que cette méthode est très fiable.

25 L'utilisation des cheveux pose davantage de problèmes. Il est en effet difficile de faire l'analyse de la séquence d'ADN dans ce cas car il est souvent impossible de récupérer des cellules permettant ce dosage. On se contente alors d'une étude de l'aspect extérieur des cheveux : couleur, forme (bouclés, épais, 30 raides). On peut en particulier étudier la forme des écailles des cheveux agrandies au microscope électronique.

Mais ces observations ne sont pas toujours probantes et laissent souvent planer un doute.

La présente invention a justement pour but d'éviter ces inconvénients. A cette fin, l'invention 5 propose d'analyser les phanères, qui sont, comme on le sait, les productions épidermiques apparentes (comme les cheveux, les poils, les ongles, etc...); l'invention propose de déterminer la composition en oligo-éléments de ces phanères, on entend par 10 oligo-éléments les oligo-éléments minéraux; par comparaison avec des analyses effectuées sur un ou des individus connus, on peut alors apprécier si l'individu à identifier et l'un des individus connus, sont ou 15 ne sont pas la même personne.

15 Pour simplifier la description de l'invention, on supposera dans ce qui suit que le phanère utilisé est le cheveu; mais il va de soi que l'invention n'est pas limitée à ce cas et qu'elle couvre toutes les variantes de phanères humains (poils, ongles, etc...). 20 L'invention peut s'appliquer aussi aux espèces animales (identification d'animaux domestiques perdus, ou d'animaux sauvages suivis), les phanères étant, dans ce cas des écailles, des griffes, des plumes, des poils, etc...

25 L'aspect extérieur du cheveu n'étant pas un critère suffisant pour identifier un individu, le Demandeur s'est intéressé à la matière constituant ce phanère. Le Demandeur s'est attaché à étudier la composition en oligo-éléments de ce corps particulier 30 qu'est le cheveu.

En médecine, de nombreuses observations ont été faites sur le rôle des oligo-éléments dans l'organisme. Ces éléments sont indispensables à la vie et présents dans tout le corps. Cependant, des variations 35 importantes de concentration apparaissent dans les

fluides biologiques dans un laps de temps court. Mais s'agissant des cheveux, la composition en oligo-éléments montre plus de stabilité du fait d'une croissance lente qui met le cheveu à l'abri de variations brutales.

5 Pour mesurer les oligo-éléments dans les cheveux dans le domaine de l'invention, il est indispensable d'utiliser une méthode d'analyse capable de déceler des concentrations de l'ordre du ppm (partie par million) car les oligo-éléments sont présents dans 10 l'organisme avec des concentrations variant entre quelques dizaines de ppm et le ppb (partie par billion).

15 Par ailleurs, cette mesure doit être faite sur une quantité très faible de matière, en l'occurrence un seul cheveu, et il doit même être possible de récupérer ce cheveu pour une éventuelle contre-expertise.

20 Parmi les méthodes connues d'analyse des oligo-éléments, la méthode d'analyse PIXE ("Particle Induced X-ray Emission") convient bien à la mise en œuvre de l'invention.

25 On peut rappeler que la méthode PIXE est une méthode d'analyse issue de la physique nucléaire. Elle fait partie des techniques de fluorescence X. Selon cette méthode, l'échantillon à analyser est soumis à un faisceau d'ions (généralement des protons). L'interaction des protons avec les atomes de la matière à étudier conduit à la création d'une lacune dans le cortège électronique des atomes atteints. Il s'ensuit une réorganisation des électrons. Lors des transitions entre diverses couches, les électrons libèrent leur excédent 30 d'énergie sous forme de rayonnement X. Les raies X émises sont caractéristiques de l'atome émetteur.

35 Le résultat d'une analyse PIXE se présente sous forme d'un spectre de rayonnement X, avec une succession de pics correspondant aux différentes éner-

gies des rayons X émis. Un élément présent dans l'échantillon est identifié par le ou les pics qui le caractérisent. Sa concentration est directement liée à la surface des pics lui correspondant.

5 Un programme informatique classique permet d'obtenir les concentrations d'après la surface des pics obtenus pour les rayons X.

10 Il s'agit donc d'une méthode d'analyse multi-élémentaire. En une seule analyse, tous les éléments présents et mesurables par cette technique d'analyse sont identifiés. Ce point est important pour l'étude des cheveux, car, sur quelques millimètres d'un seul cheveu, il est possible, en mettant en oeuvre la méthode PIXE, de mesurer la concentration de corps comme S, 15 Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn et parfois Mn, Se, Br, As ou d'autres éléments quand ils sont présents en concentrations suffisantes.

20 A chaque concentration mesurée peut être associée une erreur déduite du calcul des surfaces des pics des rayons X mesurées. Cette erreur prend en compte la statistique des pics. Un pic bien défini donne une erreur faible, un pic mal observable donne une erreur plus importante. Ce type de calcul d'erreur est utilisé couramment en physique nucléaire. La méthode 25 d'analyse PIXE est déjà utilisée pour la mesure des oligo-éléments ; elle l'est également pour la caractérisation d'alliages métalliques ou de métaux.

30 Pour apprécier quantitativement la différence de composition existant entre deux cheveux, l'invention prévoit le calcul d'un paramètre appelé "distance". Cette distance caractérise ce qui sépare les compositions des deux cheveux. Elle est voisine de zéro lorsque les compositions sont très proches. Elle augmente 35 si les compositions ne mettent pas en jeu les mêmes éléments ou les mettent en jeu avec des concentrations différentes.

D'autres moyens de comparaison peuvent être utilisés notamment des superpositions de spectres, des mesures de corrélation, etc...

De préférence encore, le procédé de l'invention s'appuie sur une étude statistique préliminaire. Il faut observer en effet que le principe de l'identification d'un individu à partir des oligo-éléments contenus dans ses cheveux repose sur deux hypothèses qu'il convient soigneusement de vérifier : tout d'abord, que tous les cheveux de cet individu ont bien la même composition, ensuite que les cheveux de deux individus n'ont pas la même composition en oligo-éléments.

Pour répondre à ces questions et déterminer dans quelle mesure des cheveux ayant des compositions chimiques très proches appartiennent à un même individu, le Demandeur s'est livré à une étude statistique complète, dont on donnera le détail plus loin, et qui permet de donner toute crédibilité au procédé proposé.

Il résulte de tout ceci que le procédé de l'invention est aujourd'hui le plus fiable qui soit pour l'identification d'individus à partir des cheveux. Par ailleurs, sa mise en œuvre est simple et son coût raisonnable. Enfin, il permet d'obtenir une réponse rapide en quelques heures, ce qui est intéressant dans le cas de garde à vue de suspects.

De toute façon, les caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui suit. Cette description se réfère à des figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 montre schématiquement une installation permettant la mise en œuvre de la méthode d'analyse PIXE,

- les figures 2A, 2B, 2C montrent trois spectres obtenus pour trois cheveux,

- la figure 3 montre deux distributions statistiques.

On a représenté sur la figure 1 une installation permettant de mettre en oeuvre l'invention dans le cas où la méthode d'analyse retenue est la méthode PIXE. L'installation comprend un accélérateur d'ions 10, du type Van de Graaff, émettant un faisceau d'ions 12, en l'occurrence des protons ; ce faisceau vient frapper un échantillon 14, qui est l'échantillon de phanère à analyser (par exemple une section de cheveu). Sous l'effet du bombardement ionique, l'échantillon émet un rayonnement X référencé 16 dont le spectre est analysé par un spectromètre 18. Un spectre est enregistré sur un appareil 20.

15 Trois exemples de spectres sont donnés figures 2A, 2B et 2C pour trois cheveux A, B et C.

Chaque pic correspond à la raie X d'un élément entrant dans la composition du cheveu. Les pics sont identifiés par le symbole chimique de l'élément détecté. 20 Les énergies des impulsions totalisées sont croissantes avec l'axe des abscisses. L'axe des ordonnées est gradué en échelle logarithmique, et l'axe des abscisses en décimale.

Préalablement aux opérations d'analyse des 25 spectres, on effectue de préférence une analyse statistique à partir d'un grand nombre d'échantillons d'un même type de phanère, ces échantillons appartenant à divers individus identifiés. Cette étude consiste à :

30 - analyser les compositions en oligo-éléments correspondant à une même personne mais à partir d'échantillons différents et analyser les compositions correspondant à des personnes différentes,

35 - à calculer les distances entre différentes compositions prises deux à deux,

5 - à compter pour chaque valeur possible de la distance, le nombre de cas où les compositions présentant cette distance correspondent à un même individu et le nombre de cas où les compositions correspondent à des individus différents, ce comptage donnant une double distribution d'identification et d'exclusion en fonction de la distance,

10 - à déduire de cette double distribution une limite inférieure pour la distance, limite en dessous de laquelle la présomption d'identification est considérée comme suffisante et une limite supérieure pour la distance au-dessus de laquelle la présomption d'exclusion est elle aussi considérée comme suffisante.

15 Le Demandeur a effectué une telle analyse statistique sur 199 échantillons, dont :

- 189 cheveux pris sur 22 personnes différentes, (prélèvements entre 3 et 23 cheveux par personne),
- 10 poils prélevés sur 5 animaux (prélèvements de 2 poils par animal).

20 Pour se rapprocher des cas réels, certains de ces cheveux ont été souillés (eau, sang, boue), ou prélevés parmi les membres d'une même famille. Pour s'assurer, sur une même personne, que la composition évolue peu suivant la localisation des cheveux, des 25 prélèvements ont été effectués sur les tempes, la nuque, le sommet du crane. Pour tenir compte du temps, des prélèvements sur une même personne ont été effectués à 2, 5, 12 mois d'intervalle, et des cheveux ont été analysés sur leur longueur.

30 Pour calculer la distance $D(A, B)$ entre une composition correspondant à un cheveu A et une composition correspondant à un cheveu B, le Demandeur a utilisé la méthode suivante. On calcule N quantités telles que :

$$35 \quad (\log A_i - \log B_i)^2 \times P_i$$

où i est un indice allant de 1 à N pour N oligo-éléments

rangés de 1 à N, et où :

$$P_i = \frac{1}{2} (PA_i + PB_i)$$

avec $PA_i = 1 / [\log(A + EA_i) - \log(A - EA_i)]^2$

et $PB_i = 1 / [\log(B + EB_i) - \log(B - EB_i)]^2$

5 et on fait la somme de ces N quantités ainsi obtenues.
Cette somme est la distance $D(A, B)$.

Le Demandeur a effectué ces calculs pour :

- 878 cas où les deux cheveux appartenaient à une même personne (cas d'identification),
- 10 - 11 112 cas où deux cheveux n'appartaient pas à la même personne (cas d'exclusion).

Les distributions des distances trouvées pour l'exclusion et pour l'identification sont représentées sur la figure 3 (les surfaces de distribution 15 ont été pondérées de manière à représenter, chacune, le même nombre de cas). Sur l'axe des abscisses est portée la distance D et sur l'axe des ordonnées est indiqué le nombre N de distances obtenues pour une distance fixée en X . La courbe N^+ correspond à la distribution des cas d'identification et la courbe N^- à celle des cas d'exclusion.

Il apparaît que pour des distances D faibles, il existe une majorité de cas d'identification ; si la distance s'approche de 0, la proportion des cas 25 d'identification par rapport aux cas d'exclusion s'accroît. Inversement, pour les distances grandes les cas d'exclusion deviennent prépondérants et le rapport des cas d'exclusion aux cas d'identification augmente.

Ainsi, plus la composition entre deux cheveux 30 est proche, ce qui se traduit par une distance faible, plus la probabilité que ces cheveux appartiennent à un même individu est grande. Au contraire, plus les compositions de deux cheveux sont différentes, ce qui se traduit par une distance élevée, plus la probabilité 35 que ces cheveux appartiennent à deux individus différents est grande.

Pour un certain intervalle de distances un degré de confiance peut être défini comme le rapport du nombre de cas exacts au nombre total de cas dans cet intervalle.

5 On peut définir aussi une limite inférieure D_{inf} en dessous de laquelle l'identification s'impose avec un degré de confiance suffisant, et une limite supérieure D_{sup} au-dessus de laquelle c'est l'exclusion qui s'impose, avec le même degré de confiance. Ces 10 limites sont représentées sur la figure 3 pour un degré de confiance de 75%.

15 Dans ces conditions, plus de 40% des distances trouvées tombent dans l'une ou l'autre de ces régions, ce qui permet de résoudre le problème de l'identification d'une manière ou d'une autre.

Pour les autres cas, le test n'est pas concluant.

20 Lorsqu'on veut mettre en oeuvre pratiquement l'invention, la procédure d'analyse peut alors être la suivante :

- les cheveux sont lavés avec un shampoing pour éliminer les contaminations superficielles,
- sur une section déterminée, la même pour chaque cheveu, le cheveu est soumis à l'analyse PIXE,
- 25 - le soufre n'est pas pris en compte car il n'est pas stable au faisceau de particules (en PIXE),
- le zinc (par exemple) peut être utilisé comme étalon ; tous les autres éléments ont une concentration qui est alors calculée par rapport à celle du zinc, lequel 30 est supposé avoir une concentration théorique de 1 ; chaque élément présente une concentration égale à un certain nombre de fois la concentration du zinc ; le zinc est bien adapté pour jouer ce rôle car il est présent dans tous les cheveux,

- le calcul de la distance D entre les deux compositions est effectué,
- on se reporte au relevé statistique préalablement établi qui a permis de définir les limites D_{inf} et D_{sup} ; trois cas sont alors possibles :
 - a) si D est inférieur à D_{inf} , les cheveux proviennent d'un même individu, et le degré de confiance devant être accordé à cette réponse est supérieur à, par exemple, 75%,
 - b) si D est supérieur à D_{sup} , les cheveux proviennent de deux individus différents, cette réponse étant crédible à plus de 75%,
 - c) si D est situé entre D_{inf} et D_{sup} , soit on considère qu'on ne peut pas répondre à la question de l'origine des cheveux, soit on accepte de diminuer la confiance accordée à la réponse.

Si l'on se reporte maintenant aux spectres des figures 2A, 2B et 2C qui correspondent à des cas réels, le test préconisé plus haut appliqué à la composition chimique des cheveux A et B conduit à une distance $D(A,B)$ faible ($D(A,B) < D_{inf}$). On peut en conclure que les cheveux A et B appartiennent à un même individu et la confiance accordée à cette réponse est de 90%.

Par contre, le même test de comparaison appliquée aux compositions A et C donne une distance $D(A,C)$ élevée ($D(A,C) > D_{sup}$). Il est exclu que ces cheveux appartiennent au même individu et cela avec une probabilité de 75%. Les conclusions sont les mêmes entre B et C.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'identification d'individus, caractérisé par le fait qu'il comprend les opérations suivantes :

5 a) on prélève au moins un échantillon de phanère appartenant à l'individu à identifier,

b) on effectue une analyse de cet échantillon pour déterminer sa composition en oligo-éléments,

10 c) on effectue la même analyse sur un échantillon de phanère de même type appartenant à un individu connu, l'ordre des opérations b) et c) pouvant être intervertis,

d) on compare les résultats de ces deux analyses,

15 e) de cette comparaison on déduit que l'individu à identifier est ou n'est pas l'individu connu.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on mesure pour chaque oligo-élément (i) sa concentration (A_i) et l'erreur commise (EA_i) sur cette concentration.

20 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que, pour comparer les résultats de deux analyses correspondant à deux individus A et B, on calcule un paramètre appelé "distance" $D(A, B)$ caractérisant l'écart entre les deux compositions correspondantes.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que pour calculer la distance $D(A, B)$ on calcule N quantités, telles que :

$$(\log A_i - \log B_i)^2 \times P_i$$

30 où i est un indice allant de 1 à N pour N oligo-éléments rangés de 1 à N, et où :

$$P_i = \frac{1}{2} (PA_i + PB_i)$$

avec $PA_i = 1/[\log(A + EA_i) - \log(A - EA_i)]^2$

et $PB_i = 1/[\log(B + EB_i) - \log(B - EB_i)]^2$

et on fait la somme de ces N quantités obtenues.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, préalablement aux opérations d'analyse et de comparaison, on effectue une étude statistique à partir d'un grand nombre d'échantillons d'un même type de phanère appartenant à divers individus connus, cette étude consistant à :

10 - analyser les compositions en oligo-éléments correspondant à une même personne mais à partir d'échantillons différents et analyser les compositions correspondant à des personnes différentes,

15 - calculer les distances entre ces différentes compositions prises deux à deux,

20 - compter pour chaque valeur possible de la distance, le nombre de cas où les compositions présentant cette distance correspondent au même individu et où l'identification est établie et le nombre de cas où les compositions correspondent à des individus différents et où l'exclusion s'impose, ce comptage donnant une double distribution des cas d'identification (N^+) et des cas d'exclusion (N^-) en fonction de la distance (D),

25 - déduire de cette double distribution (N^+ , N^-) une limite inférieure de distance (D_{inf}) en dessous de laquelle la présomption d'identification est considérée comme suffisante et une limite supérieure (D_{sup}) au-dessus de laquelle la présomption d'exclusion

30 est considérée comme suffisante.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le phanère utilisé est le cheveu.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que, pour effec-

tuer l'analyse de l'échantillon, on le bombarde par un faisceau d'ions et on analyse le spectre de rayons X qui résulte de ce bombardement.

1/2

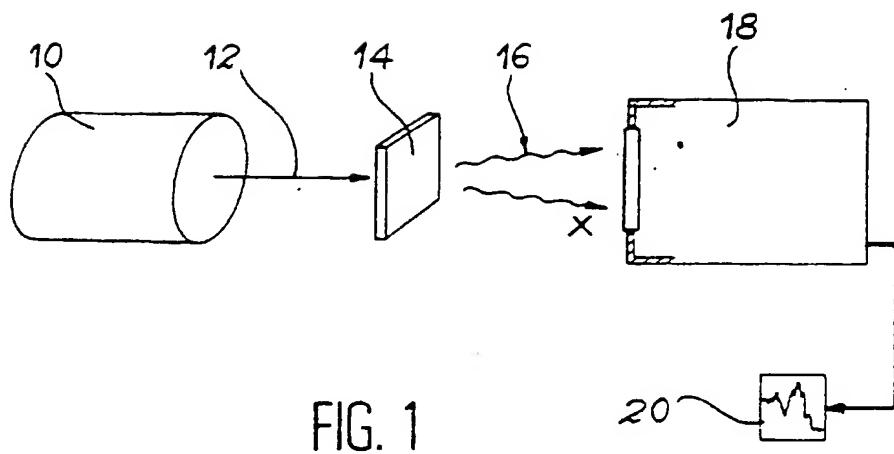


FIG. 1

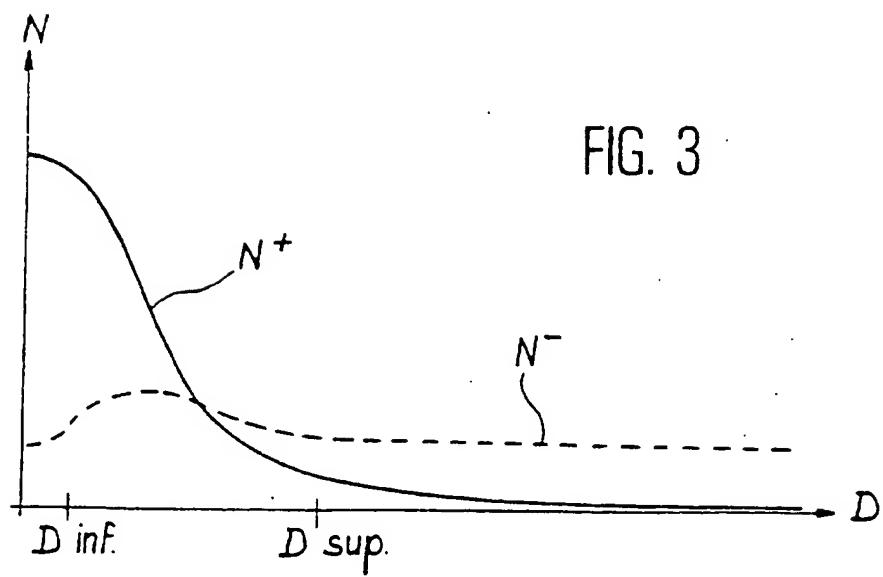


FIG. 3

2647906

2/2

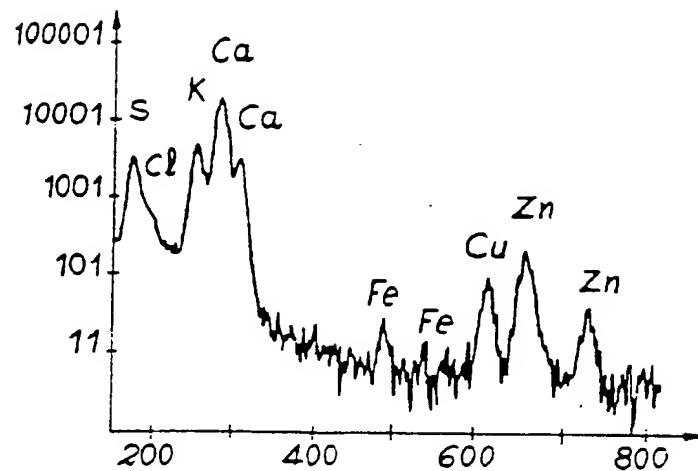


FIG. 2 A

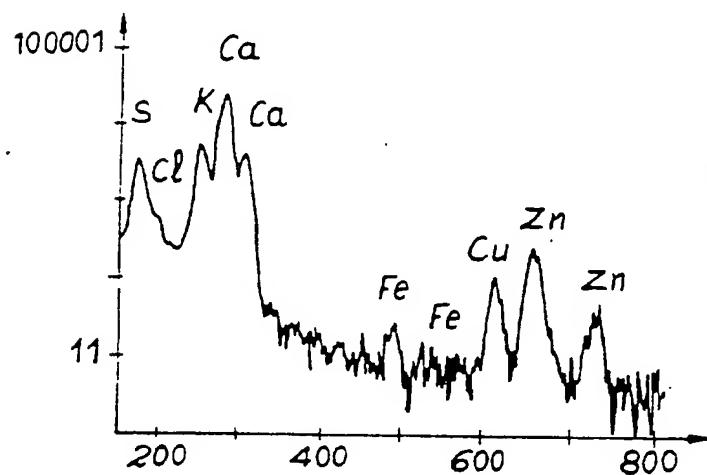


FIG. 2 B

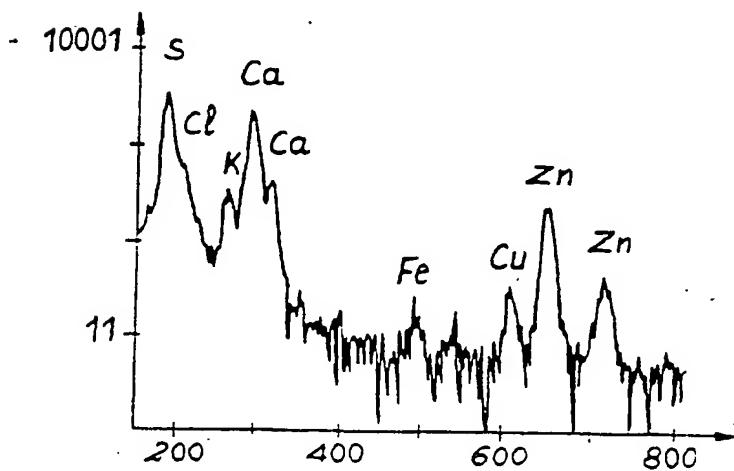


FIG. 2 C